

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 44 15 659 C 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 05 B 19/42
G 05 B 19/408
G 06 F 19/00
G 01 B 11/24
G 01 B 11/00

②1 Aktenzeichen: P 44 15 659.6-32
②2 Anmeldetag: 4. 5. 94
④3 Offenlegungstag: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 30. 11. 95

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Bernstein, Reimond, 81377 München, DE; Volk,
Roland, 81377 München, DE; Zieglmaier, Monika,
81377 München, DE

⑦2 Erfinder:

gleich Patentinhaber

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 38 29 925 C2
DE 38 04 743 A1

»Digitalisieren, Modellieren und Bearbeiten mit
Lasermesssystem« in: Zwf 88 (1993)1, S.28-30;
»Digitalisierte Daten für die Fertigung von
Freiflächen nutzen« in Zwf 88 (1993) 1, S.31-34;
SENN, Erich: »Dreidimensionale Multipunkt-
messung mit strukturiertem Licht« in: Technische
Rundschau 41/1987, S.94-98;

⑤4 Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von Gegenständen auf der Grundlage von Daten, die aus einer
optischen Erfassung eines Objektes ermittelt werden

⑤7 Eine Vorrichtung und ein Verfahren zur EDV-unterstützten
automatisierten Fertigung eines Gegenstandes, bei dem die
Negativform der Gestalt eines Mustergegenstandes zur
Vorlage dient, die modifiziert werden kann, besteht im
wesentlichen aus drei Komponenten, einem Gehäuse, einer
Aufnahmeeinrichtung und einer Projektionseinrichtung. Mit
dieser Vorrichtung kann ein Gegenstand optisch erfaßt
werden, seine Negativform gebildet werden, und diese
Negativform mit Hilfe geeigneter Software derart modifiziert
werden, daß vorgefertigte Fertigteile nur noch mit einer NC-
oder CNC-Bearbeitungsmaschine bearbeitet werden müs-
sen, die die notwendigen Fertigungsdaten aus der Software
beziehen.

DE 44 15 659 C 1

DE 44 15 659 C 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur EDV-unterstützten automatisierten Fertigung eines Gegenstandes und auf ein Verfahren zur EDV-unterstützten automatisierten Fertigung eines Gegenstandes, insbesondere auf eine Vorrichtung und ein Verfahren, dem die Negativform der Gestalt eines Mustergegenstandes als Vorlage dient, die modifiziert werden kann.

Um Gegenstände herzustellen, die der Vorlage eines Mustergegenstandes nachgebildet oder in einer modifizierten Gestalt davon gefertigt werden sollen, sind verschiedene Möglichkeiten bekannt. Es gibt die Möglichkeit der einfachen Kopierfertigung, bei der ein Gegenstand nach der Vorlage eines Mustergegenstandes kopiergefertigt wird, indem die Kontur des Mustergegenstandes abgefahren wird und über einen Mechanismus, wie beispielsweise einem Pantographen, auf die Bearbeitungsmaschine übertragen wird. Dabei ist es jedoch nicht direkt möglich, die Negativform des Gegenstandes herzustellen bzw. zu modifizieren. Allenfalls kann man den Maßstab verändern und den Gegenstand größer oder kleiner als den Mustergegenstand fertigen. Um eine Negativform herzustellen, ist es ein bekanntes Verfahren, einen Abdruck des Mustergegenstandes zu nehmen, und diesen als Vorlage zu verwenden. Dies ist jedoch ein Verfahren mit mehreren Arbeitsschritten, bei dem zudem viel Handarbeit erforderlich ist, und das folglich eine kostenintensive Möglichkeit darstellt. Eine weitere Möglichkeit liegt in der EDV-unterstützten Erfassung des Mustergegenstandes. Die Erfassung des Mustergegenstandes erfolgt dabei mechanisch mittels Abtaststifte. Diese geben entsprechend der abgetasteten Gestalt elektrische Signale ab, mit denen durch eine EDV-Anlage ein Datensatz der Negativform der Gestalt des Mustergegenstandes errechnet werden kann. Die mechanische Abtastung benötigt jedoch viel Zeit. Zudem sind die Abtaststifte hochempfindliche Meßaufnehmer, die zum einen sehr teuer in der Anschaffung, und zum anderen sehr störanfällig sind.

Aus der Fachzeitschrift ZwF 88 (1993) 1, Seiten 28 bis 34 ist es bereits bekannt, dreidimensionale Flächen durch optische Einrichtungen zu erfassen, in einen geeigneten Datensatz zu transformieren und über eine Software an eine CNC-Maschine oder ähnliches weiterzugeben.

Ferner wird in der Technischen Rundschau 41/87, Seiten 94 bis 98 erläutert, dreidimensionale Messungen berührungslos, nämlich auf optischem Weg, durchzuführen, um ein Objekt zu erfassen und zu digitalisieren. Diese digitalisierten Meßdaten lassen sich dann zur Herstellung von abbildungsgetreuen Nachbildungen oder zur Erstellung von Negativformen verwenden.

Die deutsche Patentschrift DE 3 82 99 254 C2 offenbart eine Vorrichtung zur dreidimensionalen optischen Vermessung von Zähnen in der Mundhöhle. Dafür wird eine Meßsonde in die Mundhöhle eingeführt, mit der ein Videobild erzeugbar ist. Dieses Videobild wird anschließend von einem Muster überlagert, mit dem durch ein aus dem Vermessungswesen bekanntes Verfahren ein dreidimensionales Bild erzeugt wird. Außerdem läßt sich bei Bedarf ein zweites Bild, hier das Bild der Okklusionsfläche des dem zu vermessenden gegenüberliegenden Zahnes aufprojizieren.

Schließlich ist aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 38 04 743 A1 eine Anordnung zum Herstellen von Werkstücken bekannt, bei der Abmessungsdaten eines

Werkstückes als Datenmenge in einem Speichermedium abgelegt sind und eine numerisch gesteuerte Nachformmaschine unter Berücksichtigung der ebenfalls gespeicherten Werkzeugdaten die gewünschte Oberflächengestalt des Werkstückes herstellt. Um die richtigen Bewegungen des Werkzeuges zu erhalten, werden die Daten des Werkstückes mit den Daten des Werkzeuges verglichen und aus dessen Ergebnis die Steuersignale für Positionierbewegungen zwischen Werkzeug und Werkstück gewonnen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die aus der oben genannten ZwF 88 bekannte Vorrichtung zur EDV-unterstützten automatisierten Fertigung eines Gegenstandes bzw. das daraus bekannte Verfahren dazu derart weiterzuentwickeln, daß ein Mustergegenstand auf einfache Art und Weise erfaßt und in kürzerer Zeit gefertigt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 2 und den Verfahrensschritten des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

Ein Vorteil der Erfindung ist es, daß die Modifizierung der Negativform des Mustergegenstandes interaktiv in der EDV-Anlage möglich ist, daß heißt, daß die Erfahrung eines Fachmannes auf diesem Gebiet mit eingebracht werden kann, wobei dieser damit in der Lage ist, viel mehr Gegenstände in der gleichen Zeit zu fertigen und somit viel effektiver und damit kostengünstiger zu arbeiten.

Es soll angemerkt werden, daß diese Erfindung speziell für den orthopädischen Bereich entwickelt wurde. Dabei soll jedoch klargelegt sein, daß diese Erfindung ebenso universell in allen Bereichen der technischen Fertigung von Produkten einsetzbar ist, denen sich ebenfalls die oben gestellte Aufgabe stellt.

Um die Aufgabe für den orthopädischen Bereich deutlich zu machen, soll nachfolgend dazu kurz Stellung genommen werden. Benötigt ein Mensch aufgrund von Fehlstellungen des Fußes oder durch Krankheit bedingt (z. B. Diabetes mellitus) orthopädische Hilfsmittel, um schmerzfrei gehen zu können, oder um diese Fehlstellung zu korrigieren, werden wahlweise Einlagen hergestellt, die zusätzlich in einen herkömmlichen Schuh eingelegt werden, oder es werden Spezialschuhe gefertigt, die individuell geformte Sohlen besitzen, die an den jeweiligen Fuß des Patienten angepaßt sind.

Um die individuelle Einlage oder Sohlen herzustellen, wird folgendermaßen vorgegangen:

Als erstes wird ein Modell der Negativform des Fußes gewonnen. Dies geschieht beispielsweise durch einen Gipsabdruck. Mit Hilfe dieses Modells werden anschließend aus vorgefertigten, standardisierten Rohlingen die Einlagen, bzw. die Sohlen geformt. Dabei erfolgt die Modifizierung der Rohlinge üblicherweise in Handarbeit. Dieser Vorgang hat jedoch die eingangs erwähnten Nachteile. Folglich stellt sich die vorstehend genannte Aufgabe, eine Vorrichtung zur EDV-unterstützten automatisierten Fertigung eines Gegenstandes und ein Verfahren zu EDV-unterstützten automatisierten Fertigung eines Gegenstandes, insbesondere auf eine Vorrichtung und ein Verfahren, dem die Negativform der Gestalt eines Mustergegenstandes zur Vorlage dient, die modifiziert werden kann, zu schaffen, das frei von den vorstehend genannten Nachteilen ist.

Das entwickelte Verfahren bietet den Vorteil der berührungslosen Objekterfassung. Daraus resultiert, daß der benötigte Zeitaufwand im Vergleich zu berühren-

den Digitalisierverfahren sehr gering ist. Aus der Berührungsllosigkeit resultiert weiterhin die Möglichkeit Objekte abzutasten, deren Oberfläche oder Konsistenz zu weich für eine berührende Abtastung wären.

Bei Wahl einer einfachen Lichtquelle ergibt sich als Vorteil, daß bei ausreichender Lichtintensität für die Projektion handelsübliche und günstige Lichtquellen verwendet werden können.

Durch den Antrieb der Projektionseinrichtung mittels eines Schrittmotors ergibt sich bei geringem technischem und finanziellem Aufwand eine hohe Steuerungspräzision.

Bei Verwendung eines Schrittmotors können die notwendigen elektronischen Steuer- und Leistungskarten zugleich als Ausgabeeinheiten für die durch Schrittmotoren angetriebene Fertigungseinheit verwendet werden. Der modulare Aufbau bietet somit eine multifunktionelle Einheit.

Durch die Verwendung einer Lichtschranke wird sichergestellt, daß der gesteuerte Projektionsantrieb bei Beginn seiner Bewegung eine definierte Ausgangslage besitzt. Weiterhin besteht bei Bedarf die Möglichkeit die Lichtschranke als Regelungsglied zu verwenden. Desweiteren bietet eine Lichtschranke finanzielle Vorteile gegenüber anderen regelungstechnischen Maßnahmen (z. B. Encoder).

Die vorteilhafte Ausgestaltung der Justiereinrichtung als abnehmbare Einheit bietet den Vorteil, daß das zu bewegendes Gesamtgewicht der Projektionseinrichtung erheblich verringert wird und somit die Dimensionierung des Schrittmotors kleiner und kostengünstiger ausfällt. Weiterhin können Kosten dadurch eingespart werden, daß die abnehmbare Justiereinrichtung nicht zur Standardausrüstung jedes einzelnen Geräts gehört.

Die Herstellung des Linienrasters mittels eines phototechnischen Verfahrens bietet den Vorteil, daß die Herstellungskosten bei extrem hoher Genauigkeit sehr gering sind. Als Trägermaterial für das Linienraster fungiert eine dünne Kunststoffolie (Projektionsfolie). Im Falle der Alterung durch UV-Einfluß oder mechanischer Beschädigung bietet die Verwendung derselben die Möglichkeit des problemlosen und kostengünstigen Ersatzes.

Die Ausgestaltung der Projektionseinrichtung hat den Vorteil, daß sie scheibenförmig ausgeführt ist. Durch die rotatorische Bewegung der Projektionsscheibe werden Totzeiten bei der Positionierung und der Aufnahmesequenz minimiert.

Die Projektionseinrichtung besteht aus zwei dünnen durchsichtigen Scheiben zwischen denen die Projektionsfolie eingespannt wird. Die Projektionsfolie ist somit gegen mechanische Beschädigung und Verschmutzung weitgehend geschützt. Dies trägt neben der mechanischen berührungslosen Projektion zur Langlebigkeit des Bauteils bei.

Durch die Ausgestaltung der Projektionsscheiben in der Form, daß nicht am Projektionsvorgang beteiligtes Material ausgespart wird, kann das Massenträgheitsmoment und daraus resultierend die Schwungmasse der Projektionsscheiben verringert werden. Auch hieraus resultiert eine geringere Dimensionierung der Antriebseinheit.

Die Ausführung der Feinjustierung mit einer orthogonalen Vier-Punkt-Lagerung besitzt den Vorteil, daß beim Justiervorgang die Lage des Linienrasters exakt ausgerichtet werden kann.

Die Verwendung des binär codierten Lichtansatzes (BcL) hat den Vorteil, daß eine berührungslose und

schnelle Objekterfassung möglich ist. Dies ist hinsichtlich des geplanten Einsatzes in der Orthopädie deshalb wichtig, weil dort Patienten mit empfindlichen oder geschädigten Körperpartien geholfen werden soll. Desweiteren ist aufgrund der berührungslosen Objekterfassung eine optimale Hygiene möglich.

Durch die Verwendung des sog. Phasen-Schift-Verfahrens in Kombination mit dem BcL wird eine höhere Genauigkeit des Verfahrens erzielt. Eine gesteigerte örtliche Auflösung ermöglicht eine größere Wiedergabe-Genauigkeit der Morphologie des Objektes.

Durch die Verwendung mehrerer Videocameras wird es möglich dreidimensionale Objekte von allen Seiten zu erfassen. Dadurch ist zum einen eine geschlossene Darstellung des Objektes möglich, zum anderen werden Informationen über die im Projektionsschatten liegenden Objektteile gewonnen.

Durch die Kombination der Verwendung oben beschriebener Aufnahmeeinheit mit einer Bearbeitungsmaschine lassen sich sowohl Negativ- als auch Positivformen in sehr kurzer Zeit anfertigen. Weiterhin spielt die schnelle Reproduzierbarkeit des Werkstückes eine wichtige betriebswirtschaftliche Rolle.

Durch die Verwendung von verschiedenartigen vorgeformten Rohlingen läßt sich der Bearbeitungsaufwand nochmals reduzieren.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die dazugehörigen Figuren näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt die räumliche Darstellung des Gehäuses mit den wichtigsten Funktionskomponenten.

Fig. 2 zeigt räumlich schematisch die Halte- und Sitzvorrichtungen des Gehäuses.

Fig. 3 zeigt im Querschnitt das Halbzeug des Gehäuserahmens mit den Befestigungen der Blechfüllungen.

Fig. 4 zeigt räumlich schematisch das Linsensystem mit der Lichtquelle und das Objektiv.

Fig. 5 zeigt in der Vorder- und Seitenansicht das Objektiv mit Halterung.

Fig. 6 zeigt in der Vorderansicht (Schnitt) die Justiereinrichtung der Projektionsscheibe auf dem Flansch des Schrittmotors.

Fig. 7 zeigt in der Vorderansicht die Projektionsscheibe. Die Positionen der Projektionsbilder (BcL) sind vereinfacht dargestellt.

Ausführungsbeispiel

Das für den Einsatzzweck in der Orthopädie geplante Gerät, besteht baulich aus drei Komponenten:

- 1 Gehäuse
- 2 Projektionseinrichtung
- 3 Aufnahmeeinheit

Das Gehäuse (Fig. 1) wird als Aluminium- oder Edelstahl-Konstruktion ausgeführt. Es besteht aus einem tragenden Rahmen, der an den Seiten- und Stirnflächen mit Blechfüllungen versehen ist.

Die Oberseite des Gehäuses besteht aus einer planen Fläche, in die eine durchsichtige Glasplatte eingelassen ist. Durch diese Glasplatte wird sowohl die Projektion als auch die Aufnahme aus dem Inneren des Gehäuses durchgeführt. Da die Glasplatte parallel zum Strahlengang der Projektion angeordnet ist, muß eine Umlenkung des Strahlenganges erfolgen. Zu diesem Zweck wird in einem Winkel von 45° zum Strahlengang ein Spiegel angeordnet, der die Umlenkung und das ortho-

gonale Auftreffen des Strahlenganges auf die Glasplatte bewirkt. Oberhalb und außerhalb des Gehäuses befindet sich das aufzunehmende Objekt in Form eines Fußes.

Auf dem tragenden Rahmen sind Vorrichtungen (Fig. 2) angebracht, die es dem Patienten ermöglichen, sich, je nach Aufnahmeform, möglichst entspannt und ungefährdet auf der Plattform aufzuhalten. Längsseitig sind dazu links und rechts Haltestangen angebracht, um dem Patienten das Stehen zu erleichtern (Aufnahmeform 1: im Stehen). Um eine Aufnahme im Sitzen (Aufnahmeform 2:) zu ermöglichen, wird ein schwenkbares Polster auf dem Rahmen verschieblich angebracht. Schwenkbar und verschieblich, um allen Körpergrößen gerecht zu werden.

Der tragende Rahmen (Fig. 3) des Gehäuses besteht aus massiven, runden Halbzeugen, die zwei zueinander senkrechte Schlitze besitzen. In diese Schlitze werden die Blechfüllungen eingebracht und mittels versenkten Schrauben in der Lage fixiert. Die Blechfüllungen sind, bis auf die Oberseite und eine Stirnseite durchgängig und aus einem Teil gefertigt. Die Gehäusemaße und die Konstruktion sind so ausgelegt, daß ein sicherer Stand des Gehäuses am Boden erzielt wird.

Um eine Kondensatbildung an der Glasplatte zu vermindern, wird diese mit einer Vorwärmeinrichtung versehen. Dazu werden an der Unterseite des Gehäuses Heizdrähte befestigt, die für eine konstante Temperatur von 35–40°C sorgen. Um einen übermäßig starken Wärmeabfluß über das Gehäuse zu verhindern, ist der Aufnahmerahmen der Glasplatte mit Teflonschienen abgedämmt.

Eine Stirnseite des Gehäuses dient als Aufnahme bzw. Einschubmöglichkeit für die notwendigen Hardwarekomponenten (siehe 2. und 3.). Da die Einschübe in elektroniküblicher 19"-Technik ausgeführt sind, werden die dafür notwendigen Schienen und Bohrungen im Gehäuse vorgesehen.

Im Inneren des Gehäuses ist eine Trennwand zwischen der Projektions-/Aufnahmeeinheit und dem Spiegel vorgesehen.

2 Projektionseinheit

Die Projektionseinheit läßt sich baulich in zwei Gruppen unterteilen:

2.1 Linsensystem mit Objektiv und Lichtquelle

2.2 Schrittmotor mit Projektorscheibe

2.1 Linsensystem mit Objektiv und Lichtquelle

Das Linsensystem (Fig. 4) besteht aus einem Parabolspiegel, einer asphärischen Linse, einem Wärmeschutzfilter und einer Feldlinse. Zwischen dem Parabolspiegel und der asphärischen Linse ist die Lichtquelle in Form einer 24 V-Halogenbirne angeordnet. Das komplette Linsensystem mit der Lichtquelle wird in einem separaten kleinen Gehäuse aus Aluminium untergebracht. Das Linsengehäuse wird somit modular in die Konstruktion eingebracht und kann modular als Ersatzteil ausgetauscht werden. In dem Linsengehäuse befinden sich seitlich gefräste Schlitze zur Aufnahme der einzelnen Komponenten. In Höhe der Lichtquelle ist eine Aussparung zur Aufnahme eines Ventilators im Gehäuse vorgesehen. Vor der Feldlinse wird die Möglichkeit vorgesehen eine Blende anzubringen, um den Strahlengang vor dem Objektiv zu beeinflussen.

Das Objektiv (Fig. 5) befindet im Abstand der Gegenstandsweite vor dem Linsensystem. Die Brennweite des Objektivs beträgt bei einem gegebenen Abbildungsverhältnis(10) 50–60 mm. Das Objektiv befindet sich in einer Aufnahme, die am Gehäuseboden verschraubt ist. Die Aufnahme besitzt in der Höhe des durchtretenden Strahlenganges eine Bohrung mit Gewinde, zur Halterung des Objektivs. Das Verschieben des Objektivs zur Fokussierung geschieht durch Drehung des Objektivs im Gewinde. Nach erfolgter Fokussierung wird die Lage des Objektivs durch Klemmschrauben in der Aufnahme fixiert. Hinter den Linsen des Objektivs befindet wieder eine Blende, um die einfallende Lichtintensität zu steuern.

2.2 Schrittmotor mit Projektionsscheibe

Der Schrittmotor befindet sich in einer schwingungs- entkoppelten Aufnahme oberhalb des Linsensystems. Die Schrittmotoraufnahme besitzt eine radiale Verstellmöglichkeit, um die Ruhelage im Vollschrittbetrieb einzustellen. Auf die Antriebswelle des Schrittmotors wird ein Aluminiumflansch aufgebracht. Die Welle-Nabe-Verbindung stellt hierbei eine Paßfeder nach DIN 6885-1 her. Die axiale Sicherung wird durch eine radiale Fixierschraube (Madenschraube) auf die Schrittmotorwelle hergestellt.

Auf den Flansch werden die beiden Projektions- scheiben (Fig. 7) aus durchsichtigem extrudierten Acrylglas aufgeschraubt. Um eine Justierung der Projektorscheiben zu ermöglichen, muß die Verschraubung zunächst lose erfolgen und dient mehr der Führung. Zwischen den beiden Projektorscheiben befindet sich eine, im phototechnischen Verfahren hergestellte Folie mit des zu projizierenden Balkencodes. Die beiden Projektorscheiben werden miteinander verschraubt und die dazwischenliegende Folie geklemmt. Aufgrund geringerer Massenträgheitsmomente werden die Projektionsscheiben ausgespart und die Verschraubungen an den Projektorscheiben mittels Kunststoffschrauben ausgeführt.

Auf die Projektionsscheiben wird nun die Justiereinheit (Fig. 6) aufgeschraubt. Zwei zueinander orthogonale Feder-Schraube-Systeme sorgen für die radiale Lagerung auf dem Flansch. Der Flansch ist aus diesem Grunde als Vierkant ausgeführt. Die Justierbewegung erfolgt radial über jeweils eine Schraube und einer gegenüberliegenden Feder. Die aus dieser Justierbewegung resultierende parallele Bewegung des zweiten Feder-Schraube-Systems, wird durch das Gleiten des zweiten Systems auf dem Flanschvierkant ausgeglichen. Die gesamte Justierbewegung überträgt sich auf die Kopplung Projektorscheiben/Flansch. Aus diesem Grunde wird die lose Verschraubung der Projektorscheiben mit dem Flansch erst nach erfolgter Justierung endgültig vorgenommen. Die Justiereinrichtung wird nach dem Justieren abgenommen und trägt so zur Verringerung des Massenträgheitsmomentes bei.

3 Aufnahmeeinheit

Die Aufnahmeeinheit besteht aus einer Schwarz-Weiß-Kamera und einer PC-Videokarte mit Bildspeicher. Die Kamera besitzt eine Auflösung von 512 x 512 Pixel und ist komplett mit Objektiv in einem montagefertigen Gehäuse untergebracht. Die Kamera wird in einem Winkel von ca. 30° zum Projektionsstrahlengang angeordnet. Der Objektivmittelpunkt entspricht der Bildmitte der Kamera und wird in der gleichen Höhe

wie der Mittelstrahlengang der Projektion angebracht. Die Kamera wird über eine Halterung am Gehäuseboden verschraubt. Die Videokarte wird in einem externen Computer untergebracht und über Signalkabel miteinander verbunden.

Funktionsbeschreibung für das im Ausführungsbeispiel genannte Gerät

Der funktionelle Ablauf besteht im wesentlichen aus folgenden Punkten:

Referenzfahrt
Positionieren des Objektes
Beleuchten des Objektes mit schwarz/weiß kodierten Linien
Einfangen des entstehenden Bildes mittels der Videokamera
Auswertung und Berechnung der dreidimensionalen Objekthöhe

Bevor das Objekt beleuchtet wird, muß eine Referenzfahrt für die mittels des Schrittmotors angetriebene Projektionsscheibe durchgeführt werden. Dazu läuft die Projektionsscheibe ausgelöst durch ein Steuerprogramm mit niedriger Frequenz leer. Eine Lichtschranke meldet über ein digitales Signal das Überfahren einer speziellen Markierung an das Steuerprogramm zurück. Aus der Kenntnis des Verdrehwinkels zwischen der Lichtschrankenherstellung und der orthogonalen Lage des ersten Projektionsbildes errechnet das Steuerprogramm die zu verfahrenen Schritte bzw. Winkel für den Schrittmotor. Der Schrittmotor wird somit in seine Ausgangsstellung gefahren. Dieser Vorgang muß nach jedem Ein- und Ausschalten des Gerätes oder nach einer Störung (z. B. Schrittvverlust durch Überlastung) unbedingt wiederholt werden, da nur aus einer exakten Nullage heraus kalibrierte Bilder entstehen können. Aus diesem Grunde wird die Referenzfahrt automatisch nach jedem Einschalten durchgeführt. Im Falle einer vermuteten Störung ist softwareseitig eine Option "Referenzfahrt" vorgesehen, um jederzeit eine Ausgangslagenüberprüfung durchzuführen.

Ist die Projektionsscheibe in Ihrer Ausgangslage bestimmt, kann mit der eigentlichen Aufnahme begonnen werden. Da die auf der Projektionsscheibe angebrachte Anzahl der Bilder abhängig ist von der Auflösungs-
genauigkeit des Objektes, kann die Anzahl der zu durch-
fahrenden Bilder variieren. Zur symbolhaften Erklärung
des Funktionsprinzips des Binär Codierten Lichtansatzes (BCL), wird auf das Beiblatt 1 verwiesen. Im weiteren wird auf das Funktionsprinzip des BCL nicht genauer eingegangen.

In dieser Funktionsbeschreibung wird eine Bildsequenz von 12 Bildern beschrieben. Es werden acht Bilder mit 2 bis 128 Linien direkt zur Projektion verwendet. Bei einer Projektionsfläche von ca. 350 x 200 mm kann somit in Längsrichtung eine Auflösung von 2,73 mm erreicht werden. Das entspricht einer Ortsauflösung von 55 Punkten pro Quadratzentimeter. Jeweils zwei der Bilder in orthogonaler Stellung dienen als Negativdarstellung des Originalbildes lediglich der Justierung der Projektionsscheibe auf dem Schrittmotor und werden nicht zur Projektion herangezogen. Die beiden Bilder links und rechts neben dem Bild in der Ausgangslage mit der höchsten Teilung (128 Linien) werden für das Phasen-Shift-Verfahren herangezogen und sorgen bei dessen Verwendung nochmals für eine gesteigerte

Auflösegenauigkeit.

Das Objekt wird auf der Glasscheibe positioniert. Die Referenzfahrt wurde durchgeführt und das Objekt wird jetzt mit dem ersten Bild beleuchtet. Die entstehende
5 Abbildung wird mit der Videokamera aufgenommen und in einer Datei abgespeichert. Während des Abspeicherns wird der Schrittmotor programmgesteuert zum nächsten Bild verfahren. Dieser zeitlich ineinandergreifende Vorgang beschleunigt die gesamte Aufnahmezeit um die Fahrzeit des Schrittmotors. Die Ablaufsequenz
10 Abbilden-Aufnahme-Abspeichern-Verfahren wird sooft wiederholt bis die benötigte Anzahl von Bildern erreicht ist (hier: acht Bilder).

Aus den gespeicherten Daten wird nun mittels einer Programmsequenz (Beiblatt 1) das dreidimensionale Objekt berechnet.

Da eine sehr hohe örtliche Auflösung erzielt wird, ist dafür Sorge zu tragen, daß das Objekt möglichst unbewegt den Aufnahmevergange durchläuft. Am Beispiel
20 des Objektes Fuß sollte der Anwender die in dem Ausführungsbeispiel erwähnten Vorrichtungen benutzen, um unnötige Verzerrungen des Objektes zu vermeiden.

Je nach Ausführung des Gerätes sind die Daten im Gerät selbst oder schon in einem extern angeschlossenen Computer gespeichert. Im Falle einer internen Speicherung müssen die Daten via serieller Datenübertragung oder Transport mittels Speicherdisketten in eine externe Rechneranlage übertragen werden. Hier beginnt nun die nachträgliche Datenmanipulation.

Das aufgenommene Objekt wird nun am Bildschirm dargestellt. Dazu können je nach Anwenderwunsch die unterschiedlichsten Grundtypen von Einlagenrohlingen eingeblendet werden. Die Software bietet eine Vielzahl von Manipulationsmöglichkeiten, die in der Praxis der
30 Formgebung des Einlagenrohlings durch den orthopädisch ausgebildeten Fachmann entsprechen. Dabei versteht sich das System als Werkzeug und dreidimensionale Hilfestellung für den Fachmann, nicht als dessen Substitution.

Die in der Datenbank des Programmes enthaltenen Rohlinge können mit unserem Gerät und einer entsprechenden Softwareoption vom Anwender selbst erzeugt werden und erhöhen somit die individuellen Einsatzmöglichkeiten des Systems.

Ist die endgültige Form des Einlagenrohlings durch die Manipulation festgelegt, wird die Einlage dem Patienten durch ein Patientenblatt zugewiesen und gespeichert. Diese Information steht dem Anwender jederzeit zur Verfügung und ermöglicht ihm kostengünstige Reproduktionen. Um den durch die hohe örtliche Auflösung bedingten Rechenaufwand zu verringern, besteht die Möglichkeit die Einlagenform durch geeignete kubische Interpolationen anzunähern und abzuspeichern.

Die Koordinaten der abzubildenden Einlagenform können nun einer computergesteuerten Bearbeitungsmaschine übergeben werden. Der eigentliche Fertigungsverfahren wird somit sehr kostengünstig reproduzierbar und fehlerfrei gestaltet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Gegenständen aus Rohlingen auf der Grundlage von Daten, die aus einer optischen Vermessung eines Mustergegenstandes ermittelt werden mit den folgenden Verfahrensschritten:

— Erfassen eines dreidimensionalen Bildes des zu vermessenden Mustergegenstandes mittels

- einer optischen Erfassungseinrichtung,
 — Erzeugen eines dreidimensionalen Bildes des erfaßten Mustergegenstandes in einer EDV-Anlage unter Verwendung des optisch erfaßten Bildes,
 — Auswählen eines Datensatzes eines geeigneten Rohlings aus einer vorgegebenen gespeicherten Datenbank,
 — Modifizieren des Datensatzes des geeigneten Rohlings entsprechend dem erzeugten dreidimensionalen Bild in der EDV-Anlage unter Einarbeitung von Daten geeigneter Hilfselemente aus vorgegebenen Datensätzen von Hilfselementen, die in einer Datenbank gespeichert sind,
 — Übermitteln des modifizierten Datensatzes an eine NC- oder CNC-Bearbeitungsmaschine,
 — Bearbeiten des dem ausgewählten Datensatz entsprechenden Rohlings unter Verwendung des übermittelten Datensatzes.
2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit den folgenden Bauteilen:
 — optische Erfassungseinrichtung zur dreidimensionalen Erfassung des Mustergegenstandes,
 — EDV-Anlage mit einer Datenbank zur Speicherung von Datensätzen von Rohlingen, einer Datenbank zur Speicherung von Datensätzen von Hilfselementen und einer Software zur Erzeugung des dreidimensionalen Bildes und zur Modifikation des Datensatzes des geeigneten Rohlings,
 — NC- oder CNC-Bearbeitungsmaschine, die aus dem Rohling unter Verwendung des modifizierten Datensatzes den herzustellenden Gegenstand ausbilden kann.
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Erfassungseinrichtung mit einer monochromatischen Lichtquelle ausgestattet ist.
4. Vorrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle ein Laser ist.
5. Vorrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle weißes Licht ist, das mittels eines geeigneten Filters monochromatisch gemacht ist.
6. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Erfassungseinrichtung mit einer Projektionsvorrichtung ausgestattet ist.
7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsvorrichtung eine Scheibe ist (rotatorische Bewegung).
8. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsvorrichtung eine Linearvorrichtung ist (translatorische Bewegung).
9. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsvorrichtung mit einem Linienraster versehen ist.
10. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Linien des Linienrasters parallel oder radial angeordnet sind.
11. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Linien des Linienrasters geometriekorrigierend angeordnet werden.
12. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsvorrichtung durch einen Steuerungsmotor angetrieben wird.
13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch ge-

- kennzeichnet, daß der Steuerungsmotor ein Schrittmotor ist.
14. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsvorrichtung durch einen Regelungsmotor angetrieben wird.
15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelungsmotor in einen Regelkreis eingebunden ist.
16. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsvorrichtung über einen Referenzpunkt in eine definierte Ausgangslage bringbar ist.
17. Vorrichtung gemäß Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenzpunkt über eine Lichtschranke erfaßt wird.
18. Vorrichtung gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtschrankenschaltung über eine Spiegelumlenkung erfaßt wird.
19. Vorrichtung gemäß Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenzpunkt über eine mechanische oder elektromechanische Vorrichtung definiert wird.
20. Vorrichtung gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanische Vorrichtung eine Kugel-Pfanne-Kombination darstellt.
21. Vorrichtung gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanische Vorrichtung eine geeignete Stift-Vertiefung-Kombination (Loch, Nut) darstellt.
22. Vorrichtung gemäß Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanische Vorrichtung durch eine Feder bewegt wird.
23. Vorrichtung gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromechanische Vorrichtung ein Hubmagnet ist.
24. Vorrichtung gemäß Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanische Vorrichtung durch einen Hubmagneten bewegt wird.
25. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Linienraster mittels eines phototechnischen Verfahrens oder Lasergravur auf die Projektionsvorrichtung aufgebracht wird.
26. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Linienraster auf einer Kunststoffolie aufgebracht werden, die auf der Projektionsvorrichtung fixierbar ist.
27. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsvorrichtung mittels einer Feinjustierung fixierbar ist, die abnehmbar sein kann.
28. Vorrichtung gemäß Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Feinjustierung eine orthogonale 4-Punkt-Lagerung besitzt.
29. Vorrichtung gemäß Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die orthogonale 4-Punkt-Lagerung mit einem Spindeltrieb ausgestattet ist.
30. Vorrichtung gemäß Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionskraft des Spindeltriebes der orthogonalen 4-Punkt-Lagerung mittels Federn kompensiert wird.
31. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Erfassungseinrichtung mit einem oder mehreren Spiegeln zur Umlenkung des Strahlenganges versehen wird, um die Lage der Objektebene variieren zu können.
32. Vorrichtung gemäß Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelumlenkung aufgrund einer Verlängerung des Strahlenganges eine varia-

ble Objektivbrennweite bewirkt.

33. Vorrichtung gemäß Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelumlenkung durch Zuschalten mehrerer Reflexionseinheiten eine Bau-
größenverringerung bewirkt. 5

34. Vorrichtung gemäß Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelumlenkung die Möglichkeit schafft, die Objektebene in beliebiger Position festzulegen.

35. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Erfassung von mehreren Ansichten über eine Umlenkeinrichtung erfolgt. 10

36. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere Videocameras die durch die Projektionsvorrichtung erzeugten Bilder erfaßt. 15

37. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Erfassungseinrichtung mittels des binär codierten Lichtansatzes (BCL) arbeitet. 20

38. Vorrichtung gemäß Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelbilder des BCL mit Hilfe einer automatischen Steuerung generiert werden. 25

39. Vorrichtung gemäß Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die automatische Steuerung wechselseitig die Projektionsvorrichtung als auch die Videocamera in zeitlich bestmöglichem Zusammenspiel steuert. 30

40. Vorrichtung gemäß Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die automatische Steuerung Abbildungs- und Projektionsfehler korrigiert.

41. Vorrichtung gemäß Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß der BCL in seiner Genauigkeit durch das Phasen-Shift-Verfahren verbessert wird. 35

42. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungsmaschine mit einer von den zu bearbeitenden Objekten geometrieunabhängigen Aufspannvorrichtung ausgestattet ist. 40

43. Vorrichtung gemäß Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß als Aufspannhilfsmittel eine Negativform des Rohlings verwendet wird.

44. Vorrichtung gemäß Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Negativform durch gegossene oder geschäumte Modelle erzeugt wird. 45

45. Vorrichtung gemäß Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Negativform durch einen flüssig-magnetischen Werkstoff erzeugt wird. 50

46. Vorrichtung gemäß Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Negativform reversibel verformbar und verfestigbar durch Erzeugen eines Vakuums in einem granulatförmigen Hilfsstoff ist.

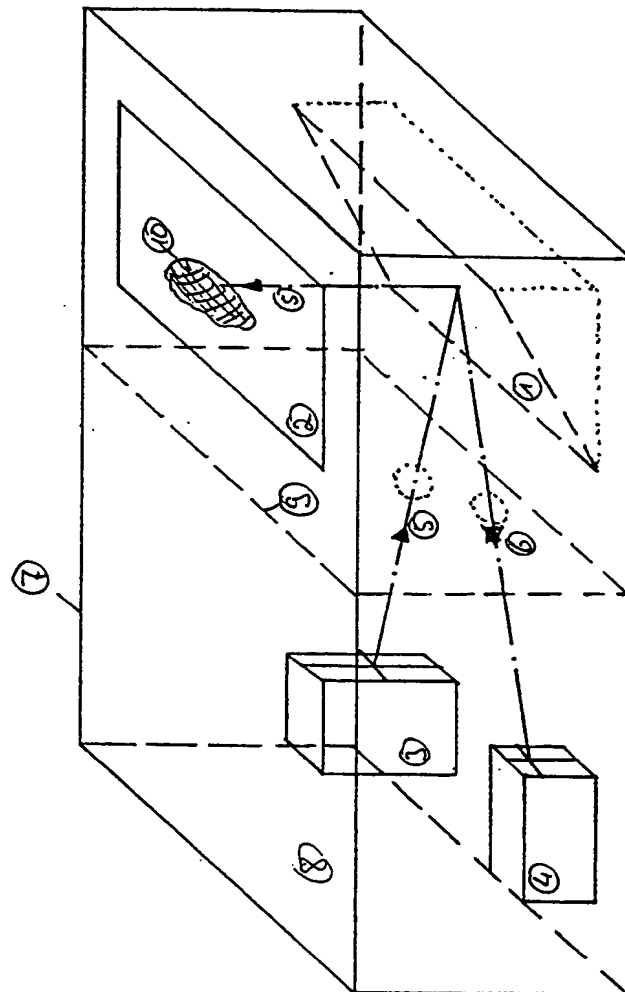
47. Vorrichtung gemäß Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufspannung mittels Saugkraft oder adhäsiver Kräfte erfolgt. 55

48. Vorrichtung gemäß Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß die Saugkraft über reversibel verformbare Saugnäpfe erzeugt wird. 60

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

Gehäuse mit Komponenten

FIGUR 1

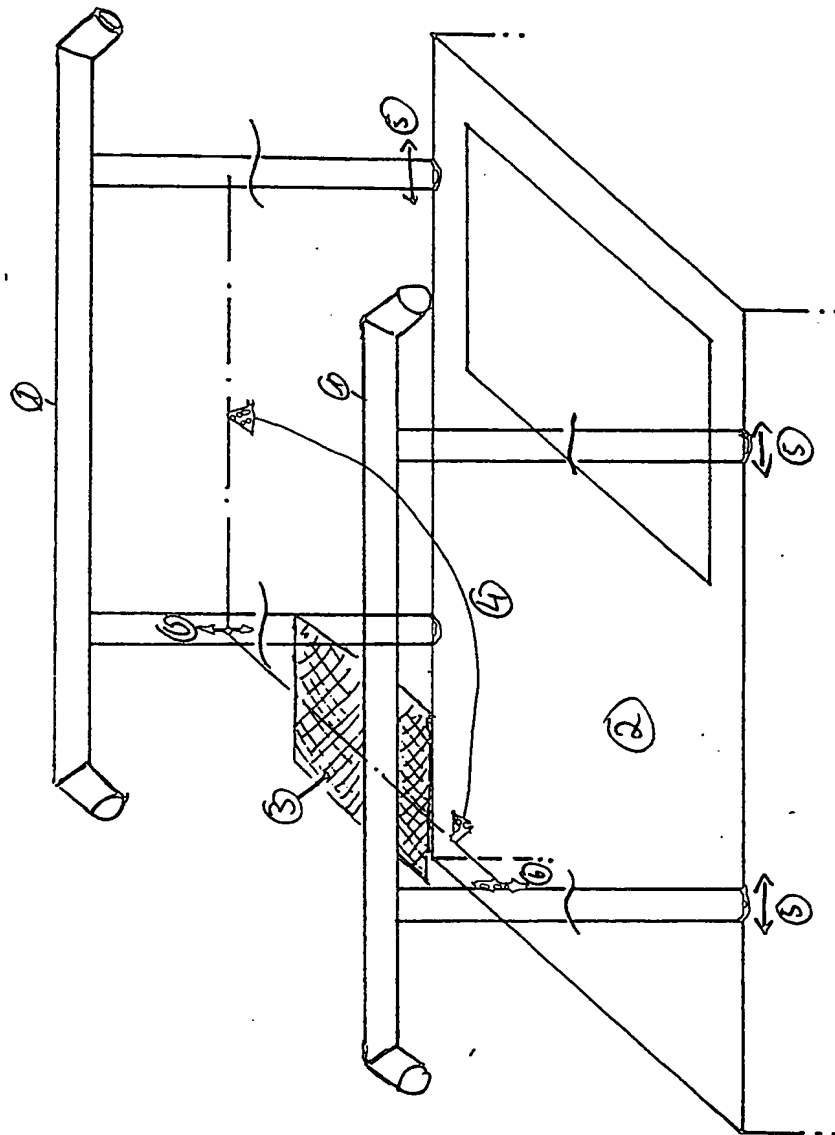


1. Spiegel
2. Glasplatte
3. Projektor
4. Kamera
5. Projektionsstrahlen
6. Reflektionsstrahlen
7. Gehäuse
8. Blockfüllung
9. Trennwand
10. Objekt

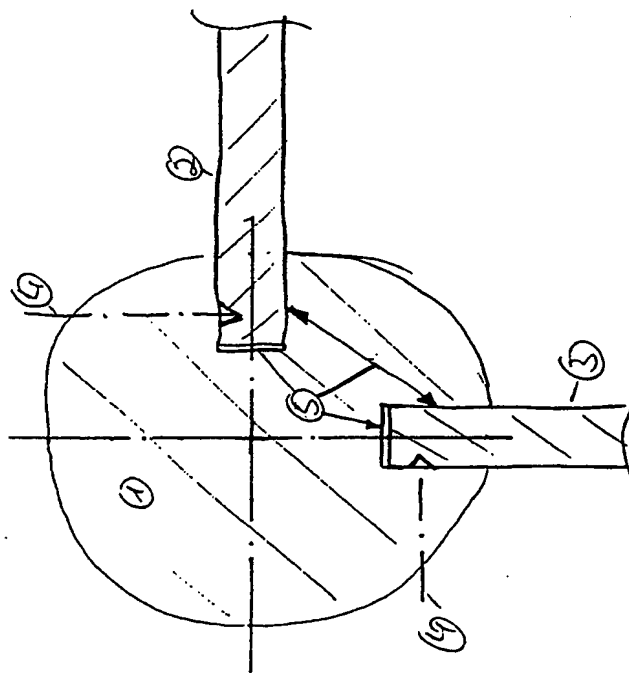
Hand- und Sitzvorrichtungen

FIGUR 2

- ① Handstangen
- ② Gehäuseabsatz
- ③ schwenkbare Sitzfläche
- ④ Schwenkrichtung
- ⑤ Verschiebbarkeit
- ⑥ Verschiebeweglichkeit



Gehäuserahmen



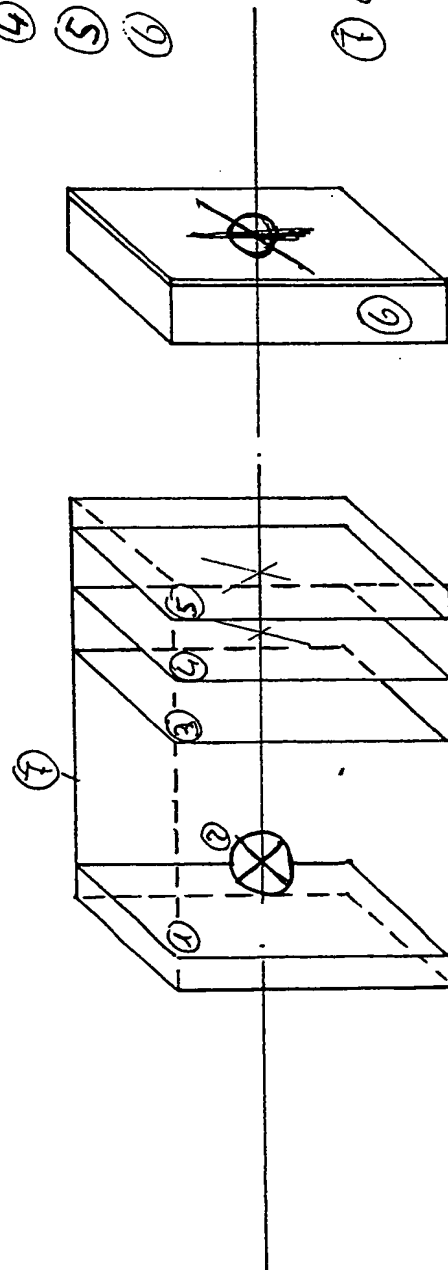
FIGUR 3

- ① Halbzug
- ② Zeder- oder Eichenplatte
- ③ Füllung
- ④ Klemmschrauben
- ⑤ Gefäßle Schlitz

Lenzensystem mit Lichtquelle und Objektiv

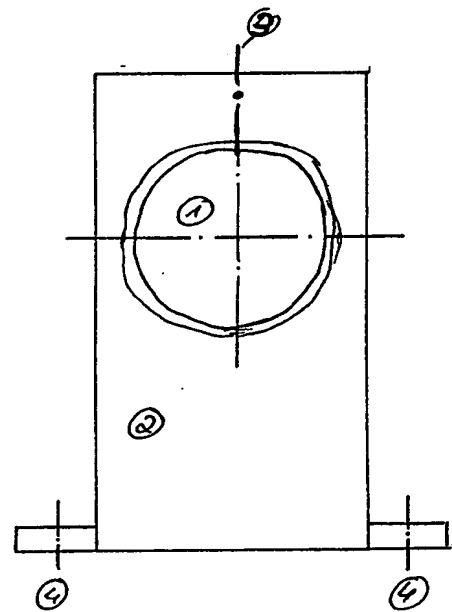
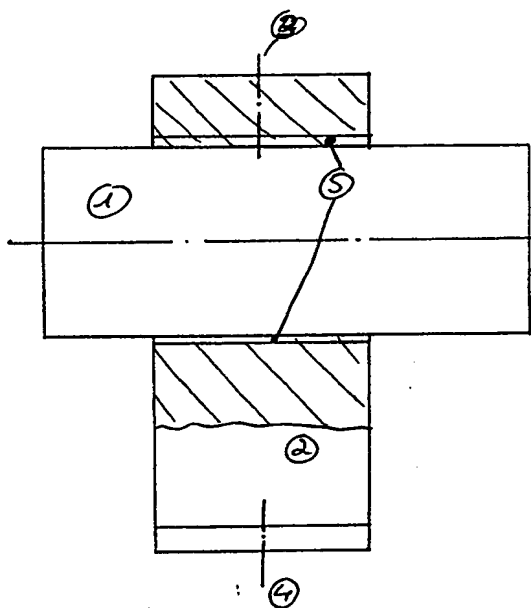
FIGUR 4

- ① Parabolspiegel
- ② Lichtquelle
- ③ Asphärische Linse
- ④ Wärmefilter
- ⑤ Feldlinse
- ⑥ Objektiv mit Blende
- ⑦ Linsengehäuse



Objektiv mit Halterung

FIGUR 5



- ① Objektiv
- ② Halterung
- ③ Fixierschraube
- ④ Bodenbefestigung
- ⑤ Objektivgewinde

- ① gestrichelte
- ② Federstift
- ③ Montagebohrung
- ④ Gleitbohrung

FIGUR 6

